

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 04 OCT 2004
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Aktenzeichen: 103 47 524.9

Anmeldetag: 13. Oktober 2003

Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Strömungsmaschine und Verfahren zur Anpassung
von Stator und Rotor einer Strömungsmaschine

IPC: F 01 D 11/12

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 12. August 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehner,

DaimlerChrysler AG

Kostova-Kübler

09.10.2003

Strömungsmaschine und Verfahren zur Anpassung von Stator und
Rotor einer Strömungsmaschine

5 Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Anpassung von Stator und Rotor einer Strömungsmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 4.

10 Bekannt ist, dass Strömungsmaschinen sowohl an den Laufschaufeln ihres Rotors als auch an der Wandung ihres Stators Beschichtungen aufweisen, die abreibbar und relativ komplex aufgebaut sind. Diese Beschichtungen werden zur Anpassung von Rotor und Stator und zur Reduktion der Spaltgröße zwischen 15 den Laufschaufeln des Rotors und der Wandung des Stators aufgebracht.

Aus der Druckschrift EP 1 312 760 A2 ist eine Strömungsmaschine insbesondere eine Gasturbine mit einem Rotor und einem 20 Stator bekannt. Die Wandung des Stators ist mit einem Einlaufbelag beschichtet. Zusätzlich weisen die Laufschaufeln des Rotors einen Anstreifbelag auf, in dem willkürlich abrasive Al_2O_3 - oder SiC-Partikel derart eingebettet sind, dass während der Rotation der Laufschaufelspitzen diese den Einlaufbelag ungleichmäßig abrasiv abtragen. Durch das abrasive Abtragen des Einlaufbelags brechen die willkürlich im Anstreifbelag eingebrachten Al_2O_3 - oder SiC-Partikeln ab. Dies 25

führt zu einer Erhöhung der Spaltgröße zwischen Stator und Laufschaufel spitzen des Rotors, so dass der Wirkungsgrad der Strömungsmaschine, der in hohem Maße von dieser Spaltgröße abhängig ist, mit zunehmender Laufzeit geringer wird und deshalb die Anstreifbeläge einer häufigen Erneuerung bedürfen. Zur Erneuerung des Anstreifbelages muss der Rotor aus dem Stator aufwendig demontiert werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt ausgehend von diesem Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, eine Strömungsmaschine anzugeben sowie ein Verfahren zur Anpassung von Stator und Rotor einer Strömungsmaschine bereitzustellen, bei welchen die Spaltgröße zwischen Stator und Rotor minimiert wird.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 in Bezug auf die zu schaffende Strömungsmaschine und des Patentanspruchs 4 in Bezug auf das zu schaffende Verfahren gelöst.

Die erfindungsgemäße Lösung ist gegeben durch eine Strömungsmaschine, aufweisend:

- einen Stator, innenbeschichtet mit einem Einlaufbelag,
- einen Rotor innerhalb des Stators, wobei die Strömungsmaschine zusätzlich aufweist:
- eine Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rotation der Rotationsachse des Rotors um die Symmetrieachse des Stators.

Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass der Wirkungsgrad der Strömungsmaschine durch Verringerung der Spaltgröße zwischen Stator und Rotor erhöht wird.

Ferner gewährleistet die erfindungsgemäße Strömungsmaschine ein nahezu gleichmäßiges Abtragen des Einlaufbelages durch die Laufschaufeln des Rotors. Dies hat den Vorteil, dass die

Laufschaufeln des Rotors geringere Momente auf den Stator übertragen. Ein reduziertes Verbiegen und Stauchen des Rotors ist die Folge. Insgesamt sind somit die auftretenden dynamischen Deformationen, die auf die Laufschaufeln des Rotors 5 wirken, erkennbar reduziert.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine besteht darin, dass im Vergleich zu herkömmlichen Strömungsmaschinen ein Anstreifbelag an den Laufschaufel spitzen des 10 Rotors einsparbar ist. Damit entfällt aufgrund der freien Rotation des Rotors in eine auf Übermaß mit Einlaufbelag beschichtete Wandung des Stators, das Aufbringen des Anstreifbelages auf den Laufschaufel spitzen und eine Endbearbeitung dieses Anstreifbelages.

15 Neben der Einsparung von Arbeitsschritten besitzt die erfindungsgemäße Einrichtung der Strömungsmaschine ein hinsichtlich Fertigungstoleranzen robusteres Design, da eine Klassierung von Komponenten bezüglich der Passungslage in reduziertem Umfang erforderlich ist. Die parallele Versetzung der Rotationsachse des Rotors zur Symmetrieachse des Stators führt dazu, dass die möglicherweise auftretenden Fertigungstoleranzen, insbesondere der Innendurchmesser des Stators und/oder der Einlaufbelag auf der Wandung des Stators, kompensiert 20 werden können. Vorzugsweise versetzt die Einrichtung derart die Rotationsachse des Rotors, dass der Rotor konzentrisch in die mit Einlaufbelag beschichtete Wandung des Stators einbringbar ist. Dabei verläuft beispielsweise die Symmetrieachse der mit Einlaufbelag beschichteten Wandung des Stators 25 parallel versetzt zur Symmetrieachse der Statorbohrung im Statorgehäuse. Somit findet lediglich ein Abtragen des für die freie Rotation des Rotors im Stator benötigten Bauraums von den Laufschaufeln des Rotors derart statt, dass die gebildete Spaltgröße zwischen den Laufschaufel spitzen und dem 30

Stator minimal bleibt. Dies ermöglicht ein wirtschaftliches Arbeiten der Strömungsmaschine.

Besonders vorteilhaft ist es hierbei, dass mittels der erfundensgemäßen Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rotation sowohl Strömungsmaschinenkomponenten mit größeren Fertigungstoleranzen als auch sehr präzise angefertigte Komponenten, insbesondere die Lager des Statorgehäuses und das Statorgehäuse an sich, ohne dass hierbei der Wirkungsgrad der Strömungsmaschine signifikant negativ beeinflusst wird, miteinander gepaart werden können.

Alternativ dazu kann die Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rotation den Rotor innerhalb des auf Übermaß innen-

beschichteten Stators derart versetzen, dass die Rotationsachse des Rotors parallel versetzt zu der Symmetrieachse der mit Einlaufbelag beschichteten Wandung des Stators, die parallel versetzt zu der Symmetrieachse des Stators verläuft, angeordnet ist. Diese Ausführungsform erlaubt das umlaufende Abtragen des für die freie Rotation des Rotors im Stator benötigten Bauraums, wodurch der Versatz zwischen der Symmetrieachse des Stators und der Symmetrieachse der mit Einlaufbelag beschichteten Wandung des Stators ausgleichbar ist.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfundungsgemäßen Strömungsmaschine enthalten die Laufschaufeln des Rotors eine Aluminiumbasislegierung oder Eisenbasis- oder Cobaltbasis- oder Nickelbasislegierung und der Stator eine Aluminiumbasislegierung oder Stahlguß.

In Strömungsmaschinen, insbesondere in Triebwerken und in Verdichtern sowie in Abgasturboladern sind die Schaufeln hohen komplexen thermisch-mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt. Zusätzlich fördern hohe Temperaturen und aggressive

Umgebungsmedien Oxidations- und Korrosionsvorgänge an den Schaufeln und dem Statorgehäuse der Strömungsmaschine. Deshalb werden in diesem Zusammenhang hochtemperaturfeste und kriechbeständige Eisenbasis- oder Cobaltbasis- oder Nickelbasislegierungen für die Schaufeln vorzugsweise eines Turbinenrades in Strömungsmaschinen eingesetzt. Aufgrund der geringeren thermisch-mechanischen Beanspruchungen können die Schaufeln für Verdichter aus Aluminiumbasis- oder Eisenbasislegierungen bestehen. Weiterhin ist es denkbar, dass die Turbinen- und/oder Verdichterschaufeln aus Kompositwerkstoffen auf metallischer Basis ausgestaltet sind. Für das Statorgehäuse wird vorzugsweise im Bereich der Turbine aufgrund der hohen thermischen Beanspruchungen Stahlguss eingesetzt. Durch das Ansaugen und Verdichten der kalten Verbrennungsluft ist für das Verdichtergehäuse aufgrund der thermischen Beanspruchung eine Aluminiumbasislegierung einsetzbar.

In einer weiteren Ausgestaltung der Strömungsmaschine enthält der Einlaufbelag auf der Wandung des Stators AlSi12 oder NiCrAl.

Dieser Einlaufbelag hat den Vorteil, dass er eine Schnittfläche mit im Wesentlichen kleinen Riefen (Grooving) nach dem Anstreifvorgang aufweist und eine minimale Spaltgröße zwischen rotierenden Schaufelspitzen und starrer Wandung des Stators der Strömungsmaschine gewährleistet. Die Beschichtung der Wandung des Stators auf der Verdichterseite mit dem Einlaufbelag aus AlSi12 und einem Füllstoff hat den Vorteil, dass der Beschichtungswerkstoff ein an den Grundwerkstoff des Statorgehäuses angepasstes Wärmeausdehungsverhalten aufweist. Der Füllstoff, der in der AlSi12-Schicht enthalten ist, brennt bei erhöhten Temperaturen aus, wodurch die Porosität des Einlaufbelags erhöht wird. Dabei ist der Einlaufbelag aus

AlSi12 dehnungstolerant und verfügt über eine gute Haftung auf dem Grundwerkstoff des Statorgehäuses.

Durch die Hochtemperaturbeständigkeit des Einlaufbelags aus NiCrAl kann dieser sowohl als Beschichtungswerkstoff für Komponenten der hochtemperaturbeanspruchten Turbine als auch in der thermisch geringer beanspruchten Verdichterseite eingesetzt werden. Der NiCrAl-Einlaufbelag enthält entsprechend dem Einlaufbelag der Verdichterseite einen Füllstoff. Der Einlaufbelag auf der Verdichter- und auf der Turbinenseite ermöglicht hohen Wirkungsgrad und verminderter Kraftstoffverbrauch.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anpassung von Stator und Rotor einer Strömungsmaschine, bei der auf der Wandung des Stators ein Einlaufbelag aufgebracht wird und dieser Einlaufbelag durch den Rotor zumindest teilweise abgetragen wird, wobei der Rotor um eine Rotationsachse gedreht wird, die parallel versetzt um die Symmetriearchse des Stators rotiert.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass sich Fertigungstoleranzen wie z.B. das Mass, die Form und die Lage der Wandung des Stators und/oder der Innendurchmesser der mit Einlaufbelag beschichteten Wandung des Stators weniger kritisch auf die Spaltgröße zwischen Laufschaufelspitzen und Statorgehäuse auswirken. Dies erlaubt eine einfache Anpassung von Stator und Rotor der Strömungsmaschine unabhängig davon, ob die Symmetriearchse des Rotors mit der des Stators übereinstimmt oder aber parallel zu dieser versetzt verläuft. Dadurch ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren eine optimale Ausrichtung des rotierenden Rotors auf die mit Einlaufbelag beschichtete Wandung des Stators.

Darüber hinaus ermöglicht das Verfahren zur Anpassung von Stator und Rotor eine Minimierung der Schaufelmasse dadurch, dass der Anstreifbelag auf den Schaufelspitzen nicht vonnöten ist. Eine reduzierte Masse der Schaufeln vermindert das Trägheitsmoment des Rotors, so dass das dynamische Ansprechverhalten des Rotors bei variabler Last verbessert und insgesamt die dynamischen Massenkräfte, die während des Betriebs auf die Schaufeln einwirken, reduziert werden.

10 In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Rotor rotierend in den Stator eingebracht.

15 Diese Ausgestaltung besitzt den Vorteil, dass der um die Rotationsachse rotierende Rotor den Einlaufbelag gleichmäßig auf der rotationssymmetrischen Fläche der Wandung derart abträgt, dass nur der erforderliche Bauraum von dem rotierenden Rotor freigeräumt wird und die Toleranzen innerhalb der Strömungsmaschine ausgeglichen werden. Durch das Abtragen des 20 Einlaufbelags der Wandung über den gesamten Umfang stellt sich eine minimale Spaltgröße zwischen Schaufelspitzen und Stator ein. Mit der Anpassung von Stator und Rotor erscheint die Oberfläche des abrasiv veränderten Einlaufbelags leicht riefig, so dass eine Profilierung des Einlaufbelags erreicht 25 werden kann, ohne aufwendige Präparation und Feinbearbeitung der Beschichtungsoberfläche des Einlaufbelages nach dem Beschichtungsprozess, ohne aufwendige Nachbearbeitung der Schaufelspitzen des Rotors und ohne aufwendige Paarung der ineinanderlaufenden Komponenten der Strömungsmaschine vorzunehmen. Durch die Reduzierung der Fertigungstiefe erweist sich die Herstellung bzw. Fertigung dieser Strömungsmaschine 30 als sehr effizient und wirtschaftlich.

Ferner kann der Rotor reversierend in den Stator eingebracht werden. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass zum einen die Laufschaufeln eine in axialer Richtung reduzierte Beanspruchung erfahren und zum anderen die Spaltgröße aufgrund

5 der geringeren Laufschaufelbeanspruchungen und der damit reduzierten Laufschaufeldeformationen minimiert werden. Zusätzlich wird auf dem Einlaufbelag eine Riefenausbildung reduziert.

10 Nachfolgend werden die erfindungsgemäßen Gegenstände anhand von Ausführungsbeispielen und der Figur näher erläutert. Hierbei gehen aus der Figur und ihrer Beschreibung weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung hervor. Dabei zeigt:

15 Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Strömungsma-
schine, wobei der Stator mit einem Einlaufbelag in-
nenbeschichtet ist.

20 In Figur 1 ist nicht maßstabsgerecht eine beispielhafte Aus-
führungsform der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine 1 insbe-
sondere die Verdichterseite eines Abgasturboladers mit einem

25 Stator 2 und einem Rotor 4 dargestellt. In dieser Ausfüh-
rungsform weist der Stator 2 eine Wandung 3 auf, die mit ei-
nem Einlaufbelag 6 innenbeschichtet ist. Innerhalb des Sta-
tors 2 ist der Rotor 4 als Verdichterrad mit Laufschaufeln 5

30 eingebracht. Um eine minimale Spaltgröße 7 zwischen dem Sta-
tor 2, innenbeschichtet mit dem Einlaufbelag 6 und den Lauf-
schaufeln 5 des Rotors 4 zu erzeugen, wird der in Rotations-
richtung 9 um seine Rotationsachse 10 rotierende Rotor 4 in

35 Bewegungsrichtung 8 in den Stator 2 eingeführt. Die Positio-
nierung des Rotors 4 in den Stator 2 erfolgt mittels einer

40 hier nicht näher dargestellten Einrichtung zur parallelen

45 Versetzung in die Versetzungsrichtung 11 und Rotation des Ro-
tors 4 um die Symmetrieachse des Stators 2. Diese Positionie-

rung des Rotors 4 in den Stator 2 unter Zuhilfenahme der nicht näher dargestellten Einrichtung ist geeignet für ausgewählte Werkstoffpaarungen an rotationssymmetrischen Flächen. Dabei bestehen sowohl die Laufschaufeln 5 des Rotors 4 auf der Verdichterseite des Abgasturboladers als auch der Stator 5 2 aus einer Aluminiumbasislegierung, wobei die Wandung 3 des Stators 2 mit einem Einlaufbelag 6 aus AlSi12 und Polyester als Füllstoff, beschichtet ist.

10 Aufgrund der hohen Temperaturen von ca. 1050°C kommen auf der heißen Turbinenseite des Abgasturboladers Hochtemperaturwerkstoffe zur Anwendung. Die turbinenseitigen Laufschaufeln des Rotors werden aus einer Ni-Basislegierung und der Stator aus Stahlguß hergestellt. Die auf der Turbinenseite mit Einlauf-15 belag beschichtete Wandung des Stators ist mit NiCrAl und Polyester als Füllstoff beschichtet.

20 Wie in Figur 1 gezeigt, wird in den mit dem Einlaufbelag 6 innenbeschichteten Stator 2 der Verdichterseite des Abgasturboladers der Rotor 4 rotierend eingebracht. Dabei wird der Einlaufbelag 6 aus AlSi12 während der Positionierung zumindest teilweise abgetragen derart, dass der Rotor 4 um eine Rotationsachse gedreht wird, die parallel versetzt um die Achse des Stators 2 rotiert.

25 Die Erfindung ist nicht nur auf das beschriebene Beispiel von einem Abgasturbolader beschränkt, sondern kann vielmehr auf stationäre Gasturbinen und Triebwerke erweitert werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass der Einlaufbelag auf 30 der Heißgasseite NiCrAlY mit Füllstoff oder beispielsweise Keramik oder ein anderer Hochtemperaturdichtwerkstoff ent-hält.

Bezugszeichenliste

5

- 1 - Strömungsmaschine
- 10 2 - Stator
- 3 - Wandung
- 4 - Rotor
- 5 - Laufschaufeln des Rotors
- 6 - Einlaufbelag
- 15 7 - Spaltgröße
- 8 - Bewegungsrichtung des Rotors
- 9 - Rotationsrichtung des Rotors
- 10 - Rotationsachse des Rotors
- 11 - Versetzungsrichtung der Rotationsachse des Rotors

20

DaimlerChrysler AG

Kostova-Kübler

09.10.2003

Patentansprüche

5 1. Strömungsmaschine (1), aufweisend:

- einen Stator (2), innenbeschichtet mit einem Einlaufbelag (6),

- einen Rotor (4) innerhalb des Stators (2),
gekennzeichnet dadurch,

10 dass sie zusätzlich aufweist

- eine Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rotation der Rotationsachse des Rotors (10) um die Symmetriearchse des Stators (2).

15 2. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Laufschaufeln des Rotors (5) Aluminiumbasislegierung oder Eisenbasis- oder Cobaltbasis- oder Nickelbasislegierung und der Stator (2) Aluminiumbasislegierung oder Stahlguß enthalten.

20 3. Strömungsmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

25 dass der Einlaufbelag AlSi12 oder NiCrAl enthält.

4. Verfahren zur Anpassung von Stator (2) und Rotor (4) einer Strömungsmaschine (1), bei der auf den Stator (2) ein

Einlaufbelag (6) aufgebracht wird und dieser Einlaufbelag (6) durch den Rotor (4) zumindest teilweise abgetragen wird,

5 dass der Rotor (4) um eine Rotationsachse gedreht wird, die parallel versetzt um die Symmetriearchse des Stators (2) rotiert.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

10 dadurch gekennzeichnet,
dass der Rotor (4) rotierend in den Stator (2) einge-
bracht wird.

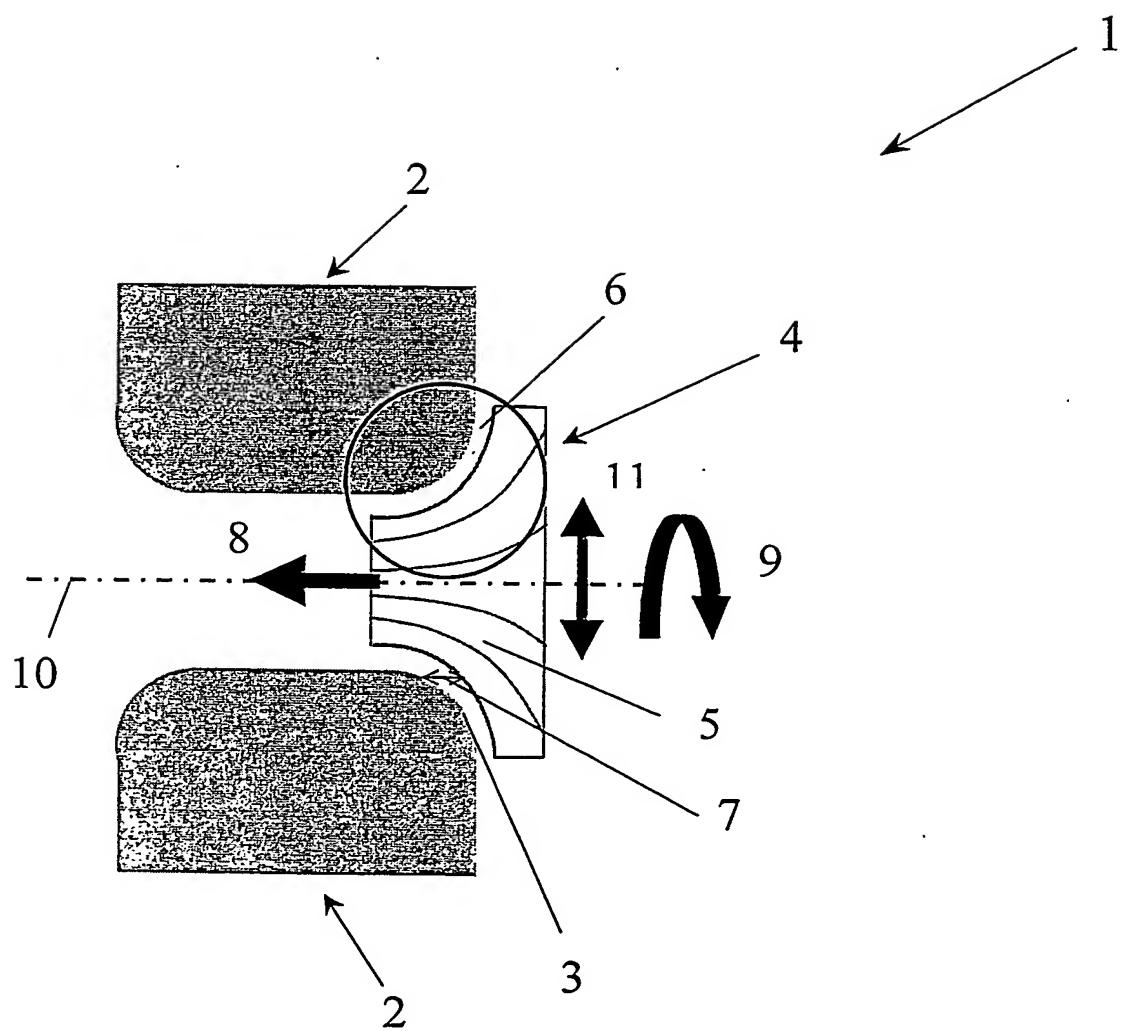


Fig. 1

DaimlerChrysler AG

Kostova-Kübler

09.10.2003

Zusammenfassung

5 Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine (1), aufweisend einen Stator (2), innenbeschichtet mit einem Einlaufbelag (6), einen Rotor (4) innerhalb des Stators (2), wobei die Strömungsmaschine (1) zusätzlich eine Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rotation der Rotationsachse des Rotors 10 (10) um die Symmetriearchse des Stators (2) aufweist. Mittels dieser Einrichtung wird die Spaltgröße zwischen Stator (2) und Rotor (4) minimiert und somit die Wirtschaftlichkeit der Strömungsmaschine (1) erhöht.

15 (Fig. 1)